

Lec.3: Fault Investigation & Analysis

51

Fault Reporting & Analysis Why, Who & How?

أحمد عوض

- حتى لو بدت (مرحلات الوقاية، والقواطع، ومحولات التيار، ومحولات الجهد، وأجهزة الاتصالات) وكأنها تعمل بالضبط كما هو مُخطَّط لها... فإن مهمتنا لم تكتمل بعد... ما نزلنا نحتاج إلى استقصاء كل disturbance بعد حدوثه.

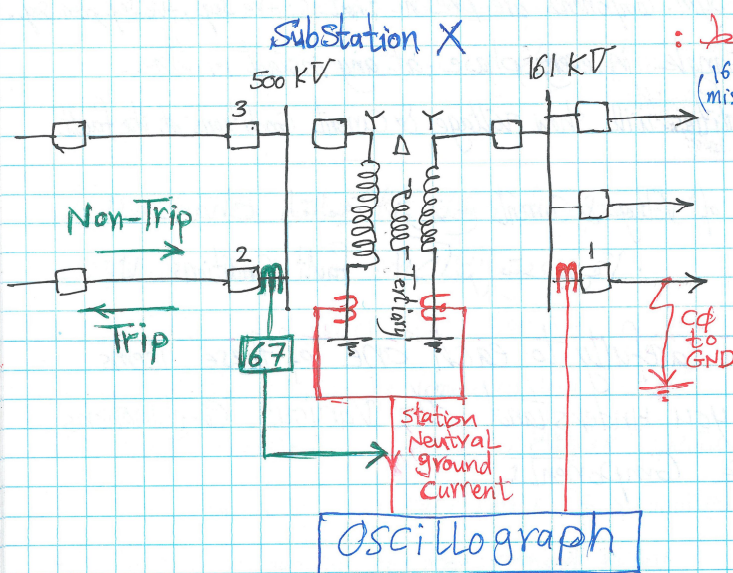
ولكن: لماذا من الضروري الرجوع للخلف وتحليل الـ Faults بعد حدوثها؟
نقوم بعمل ذلك لسببين رئيسيين:

- ① To check that the relays & breakers are operating as intended.
- ② To explain any mis-operations & predict any future problems.

* تعمل أجهزة الوقاية والقواطع بسرعة جدًا.
← يمكنهم إزالة الـ Fault في جزء من الثانية.

* إذا لم نستطع التقاط صورة لـ Fault data وعادة تركيب حادث خلال هذه الفترة القصيرة ← من الممكن ألا نستطيع أبدًا تحديد سبب التشغيل الخاطئ للأجهزة الوقائية أو القواطع.
علاوة على ذلك: حتى لو بدت الوقاية وكأنها تعمل بشكل صحيح = قد تكون هناك مشاكل مجهولة، وحتى بعد تحليل الـ fault: لا يمكن التوصل إليها.

* هنا مثال يوضح لماذا يجب عمل استقصاء Investigation لكل الـ faults على الـ system:



- في هذا الـ one-line Diagram المبسط:

- (500 kV Transmission System) متصلة بـ (161 kV Sub-Trans-mission System) من خلال Substation (X).

- (Y-Y Transformer) مزوّد بمحولات تيار

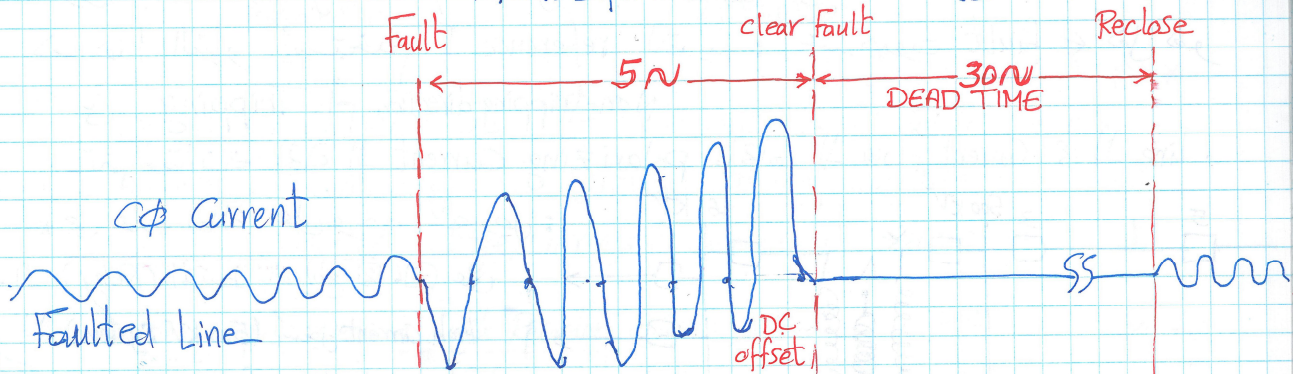
على الـ grounded neutral في كلٍّ من H.V & L.V sides.

- (CTs Secondaries) متصلة بعد ذلك على التوازي.

So as to monitor the total ground fault current from both the 500 kV & 161 kV systems.

52 * لو Single L-G Fault حصل على ϕ على أحد خطوط الـ (161 KV) الخارجية من Substation X:

نسيتم تسجيل هذه الرسومات traces أو قوما تيكيًا بواسطة الـ oscillograph (OSC.) المركب للانتقاط الـ Fault Information:



Station Neutral Current



قبل الـ Fault:

Normal Load Current = يمر في ϕ .

station neutral current = قريب من الصفر.

indicates C.T saturation

* عند حدوث fault:

- يزداد كلاً من تيار ϕ و neutral بشكل كبير كما توقعنا.

يوجد حوالي 30 cycles (Dead time)

قبل ما القاطع يـ Reclose.

Ahmed Awad
F/ahmdlawd

بعد حوالي 5 cycles:
يقوم القاطع بعمل trip لإزالة الـ fault.

- مثل معظم الـ faults على O.H.T.L. هذا الخطأ = transient ~~ممكن~~ أن يحدث بسبب insulator flashover من Lightning surge أو ربما رياح شديدة جعلت فرع شجرة يتصل بالموصل.
- (30 cycles of dead time) بدون مرور تيار عادة تكون كافية لتسمح لـ fault Arc بأنه يـ de-ionize.

- عندما يتم غلق القاطع مرة أخرى (Reclose) لا يقوم القاطع بعمل trip مرة أخرى وسترى من الرسومات أن القاطع يتم غلقه مرة أخرى بنجاح.

So far, The line protection has operated exactly as we will expect.

نكته: انظر إلى Station neutral Current:

It's extremely distorted & became progressively worse during the 5 cycles that the fault was on.

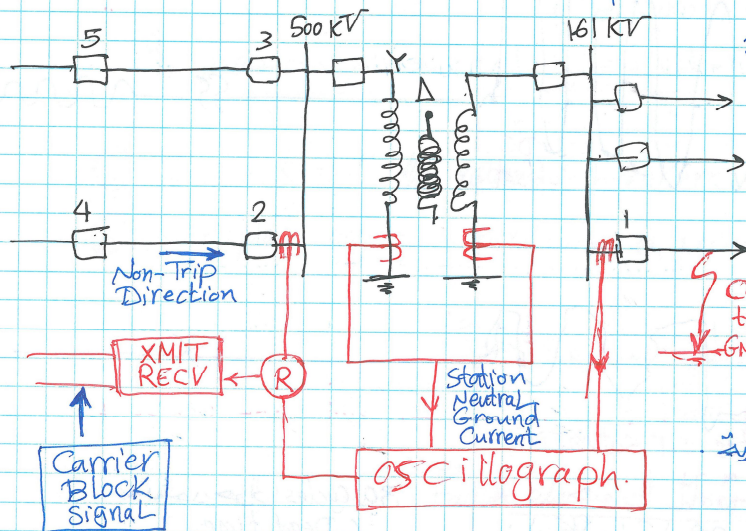
مثل هذه التشوه هو indication واضح على C.T Saturation.

- عن هذه الحالة: الـ saturation حدث بسبب: أن الـ Fault Current ليس Symmetrical.

→ يوجد -ve magnitude - أكثر من +ve magnitude.

- هنا الـ offset في الـ fault Current يُسبب DC offset، وله نفس تأثير إضافة burden إلى C.T.

- 53 * C.T secondary output distorted ثم بعد يعكس الـ Conditions على الـ System. قد يقال: لو الـ protection يعمل بشكل صحيح ... لماذا علينا أن نطلق؟
عندما تكون المشكلة: إن الـ parallel C-Ts (التي في المحول) تستخدم أيضاً لتزويد الـ polarizing current لـ directional relays على الـ line.
هذا التيار يستخدم كـ reference لتقدير: عند حدوث fault ← هل هو Tripping أم Non-tripping direction.
تتم مقارنة اتجاه الـ polarizing current باتجاه الـ current flow في الـ line.

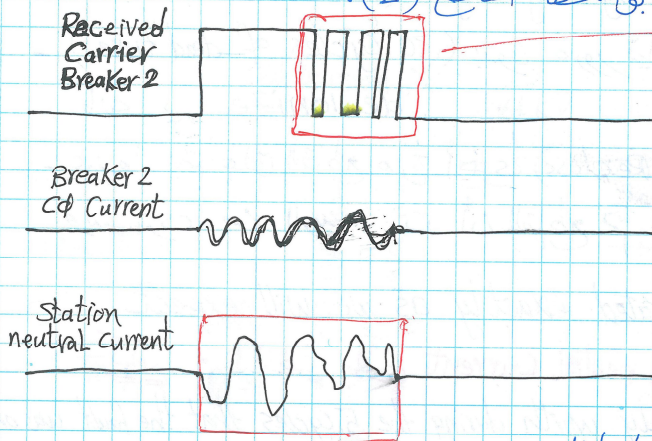


- * في هذه الحالة على وجه الخصوص:
الـ (Relay) المرتبط بالقواطع 2، 3، 4 على الـ (500 kV system) يسجل High current ولكنه يقرر بأن الـ fault في Non-tripping direction * Carrier block signal يتم إرسالها لجعل Block لـ tripping للقواطع البعيدة ← هذا صحيح.
* مشكلة C.T saturation ← تمت ملاحظتها في Fault Analysis Report للاختبارات المستقبلية.

← بعد عدة شهور:

حدثت Fault آخر مماثل للسابق على الـ 161 kV system
ملحوظ: هذه المرة: قواطع الـ 500 kV system (2، 3، 4، 5) ← tripped بالخطأ قبل أن تزيل قاطع الـ 161 kV الخطأ.

- هذه هي رسومات الـ Carrier signal التي تم نقلها من القاطع (2) أثناء الـ Fault، والـ C.T current الذي يتم رؤيته بواسطة القاطع (2).



- حوالي 3 cycles في آخر الـ fault ← interruption.
- holes تبدأ في الظهور في الـ Carrier signal.
- الـ holes نتيجة الـ distortion الكبير في الـ Station neutral current ← وهو الـ reference current.
كيف ذلك؟

عندما يقارن الـ Relay في القواطع 2 و 3 بين ground residual current و distorted reference current
الـ phase relationship ← unclear

من الآن ← يقرر الـ Relay بالخطأ بأن الـ Fault في الـ Trip-direction ومن نفس اللحظة: يوقف الـ Carrier blocking signal، وهذا يسمح لقواطع الـ 500 kV بالفصل بالخطأ نتيجة Fault في الـ 161 kV system.

54 * كما في السابقة : هذا temporary fault لذلك القواطع ت Re-close وبسرعة .
- تم حل المشكلة باستبدال الـ 161 KV neutral C.T بأخر له خصائص تشغيل أفضل .

* يوجد طريقتين رئيسيتين لتجميع الـ Fault data :

1 Automatic.

2 Manual.

* يتم تسجيل Fault data أوتوماتيكياً على :

Oscillograph Machines & Sequence of Events Recorders.

- تبدأ Oscillograph Machines أوتوماتيكياً عند حدوث Fault ، وتقوم بتسجيل wave forms :
Selected Voltage, Currents & Communication signals.

- من الناحية الأخرى : باستمرار : يقوم Sequence of Events Recorder بعمل monitoring حالة :

- Relay Contacts. - breaker Contacts. - Control Switches.

→ عند حدوث تغيير في حالة ما : يتم طباعة : The device number & the status change

(سيتم وصف أدوات التسجيل الأوتوماتيكى هذه بتفاصيل أكثر في الجزء القادم - إن شاء الله).

* كذلك يمكن تجميع الـ Fault data يدوياً :

- يتم عمل هذا من خلال فحص وتسجيل The operation of protective Relays

→ كما تعرفون : كل Relay مزود بـ : راية brightly colored flag or target - ينزل لما الـ Relay يشتغل .

- يتم تسجيل مثل هذه الـ Relay actions عادة كـ reference وللتحليل المستقبلي .

- في نظم التوزيع : غالباً ← هذه فقط هي المعلومات التي ستكون متاحة لتساعدنا في التحليل .

* هذا هو مثال على Relay Action Log :

والذي يخبرنا عن Lightning Arrestor Failure خلال Lightning Storm

- الـ Failed Arrestor توجد في L.V side

من (115/69 kV Auto-Transformer)

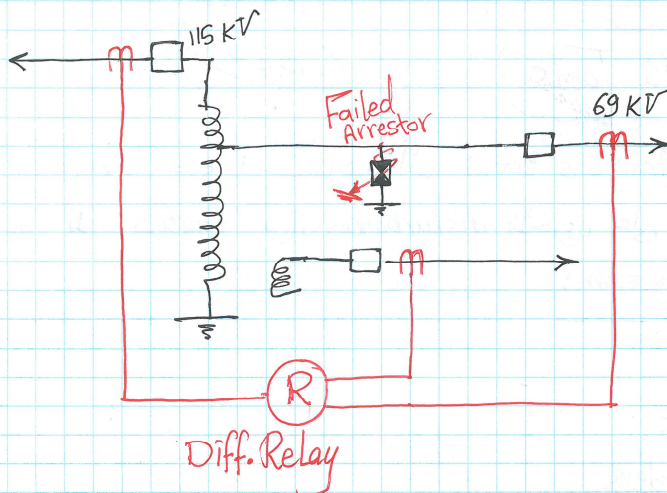
- الـ Fault الناتج يوجد في

Transformer Zone of protection

ويسبب تشغيل الـ Diff. Relay ، ومن ثم

فصل الـ 3 قواطع (pri, sec, Tertiary)

لعزل الـ Fault تماماً .



* The Actual information Log includes:

55

- Date & Time of Relay action.
- Numbers of breakers involved.
- The Relay Targets.
- The Time each breaker was closed.
- The number of oscillograph recording.

© Ahmed Awad
[in] linkedin.com/in/ahmedawad

Feeder # 2					
Date	Time	Breaker	TARGET	Close	osc.
7/15	20-31	3995 3991 3996	AF, AIF, CF, OIF FDR 2 (ZONEF)	21:49 23:33 23:33	05036
LIGHTNING ARRESTOR FAILURE: on 69KV side of (CΦ-GND) Autotransformer during lightning storm Caused diff. relay to operate					

* في هذه الحالة : يستخدم الـ Investigators كل الـ data بالإضافة إلى
oscillograph traces ليحددون بأن كل Relay & breaker actions كانت صحيحة.

* أي Mis-operation سيتم عمل Report عنه في سجل منفصل ليتم التحقيق فيه.

* بالتأكيد : تختلف Relay Action Reporting procedures من شركة إلى أخرى ، ولذلك :
عليك أن تفحص وتراجع الـ procedures الخاصة بشركتك .

في الجزء القادم : Fault Analysis tools (in more details)

Fault Analysis Tools

أهم أدوات

في هذا الجزء سنشاهد الـ Analysis tools الأكثر شيوعاً ، والمستخدمة لعمل Investigation
للـ faults والـ disturbances الأخرى على الـ power system .

Analysis Tools used on power system:

- 1 Oscillographs.
- 2 System One-Line Diagrams.
- 3 Sequence of Events Recorders.
- 4 Relay Targets.
- 5 D.C Schematic Diagrams.

55

56 - يتجميع ال One-Line Diagram مع ال oscillograph traces :

- عادة: نستطيع إعادة تركيب ما حدث ، ومن ثم : تحليل ال Fault .
- نحتاج بعد ذلك إلى إعادة التحقق مما وجدناه بفحص ال print out من ال Sequence of Events Recorder ، والمعروف أيضًا بـ (SER) .
- من الممكن أن يكون SER جزء متكاملًا من ال oscillograph Machine لكنه غالبًا يكون stand alone machine .
- هذا النوع من ال Recorders قادر على عمل Monitoring ↓ :

For example : 1000 input points .

- Breaker open or closed status .
- Breaker trip coil status .
- Relay operations .
- Transformer Alarms .
- Generator Alarms .

© Ahmed Awad

→ SER : يقوم بعمل monitoring باستمرار لحالة كل input point ، ويقوم بطباعة detailed Report عند تغير ال status .

- (النسخة المطبوعة تعطى التوقيت الذي حدث فيه ال event (down to mSec) .

→ It Can distinguish between two events 1 mSec apart .

* It provides :

- plain language description of the event .
- Identification number of input point .
- "A" or "N" Code indicating whether status "Abnormal" or "Normal" .

* في بعض التركيبات : بدلاً من specific SER يتم عمل monitoring ال status من خلال SCADA System .

* يوجد أداة أخرى نحتاج إلى استخدامها في Fault Investigation وهي :

Information Regarding Relay Targets ، والتي تُسجل عادة بواسطة ال operators .

→ مثل ال SER output : تستخدم هذه السجلات لتحقيق وتدعيم النتائج التي تم التوصل إليها من خلال فحص ال oscillograph Records .

ومع ذلك :

في بعض الحالات : تزودنا (Relay Targets) و (SER Data) بلا Link المقود لحل المشاكل الناجمة عن ال disturbances .

57 * دعونا ننظر عن قرب أكثر على Oscillograph Machine :
Oscillograph Systems in widespread use :

- 1 Quick Start.
- 2 pre-Fault.
- 3 Continuous.
- 4 Digital.

(أحمد عوض)
 F/ahmd lawd

1 Quick start :

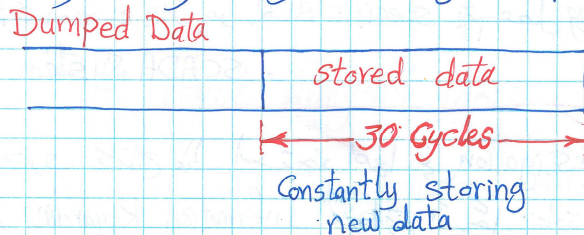
- هو النوع الأبسط ما يستخدم High speed Recorder .
- بمجرد ما ال protective Relay أو sensor آخر يشعر بـ fault = تبدأ الآلة ، وتبدأ الورقة في الحركة بعد 3 أو 4 على ثانية .
- ونتيجة لهذه المشكلة : تكون ال data مفقودة في بداية ال fault .
 (حوالي $\frac{1}{4}$ cycle \leftarrow lost data)

→ No way to capture the pre-fault conditions on the system.

بالرغم من هذه العيوب : يفضل العديد من المستخدمين The quick start system وذلك لبساطة الآلة.

2 pre-fault Oscillographs :

- * هذه الآلة تحتوي على built-in solid state memory .
- تستطيع تخزين Several Cycles of data \leftarrow (up to 30 cycles in some machines)
- The memory works in a recirculating fashion :
 عند أي لحظة من الزمن \leftarrow ال memory تكون مخزنة آخر 30 Cycles .



- عندما يشعر بـ fault \leftarrow يتم طباعة آخر 30 cycles \leftarrow pre-fault
- وبناءً على هذا : The fault information يتم إدخالها إلى ال memory .

→ Gives clear transition between no-fault & fault conditions.

و بسبب ال Re-Circulating memory \leftarrow No data is Lost .

3 Continuous Oscillograph:

58

- على العكس من النوعين السابقين : هذه الآلة لا تحتاج إلى البدء بواسطة الـ Fault أو disturbance وأيضا لا تستخدم الورق.
- بدلاً من ذلك : Continuous Record \rightarrow System Conditions على Re-usable Magnetic Tape.
- عندما يحدث الـ Fault \rightarrow نستطيع أن نرى 7 ساعات من الـ data من خلال بدء أمر Save.
- لهذا يمكن فعله أو قوماتيكيا من خلال protective Relays أو Sensors أخرى - في اللحظة التي يتم فيها تحديد وجود fault.
- يمكن حفظ الـ data يدوياً من خلال Remote switch عند الـ operator.
- وحيث أن الـ data يتم تسجيلها باستمرار = يستطيع الـ operator أن يقرر حفظ المعلومات بعد حدوث disturbance.
- بمجرد حفظ الـ data على الـ magnetic tape = نستطيع الحصول على hard copy print out of the waveform لاستخدامها في التحليل.

* بالإضافة إلى الـ Oscillograph Machine نفسها : يوجد Accessories عديدة أخرى لابد من تركيبها لإكمال الـ Recording System ؛ وهذا يتضمن:

- ① Starting Sensors or triggers \rightarrow To start the recordings.
 - ② Signal Conditioners \rightarrow To prepare the data for recording.
 - ③ power supplies & Inverters \rightarrow To provide uninterruptable power source for the oscillographs.
 - ④ Time clock \rightarrow To keep track of the exact time of recording.
- (The time log helps co-ordinate the output from many recorders)

أهم

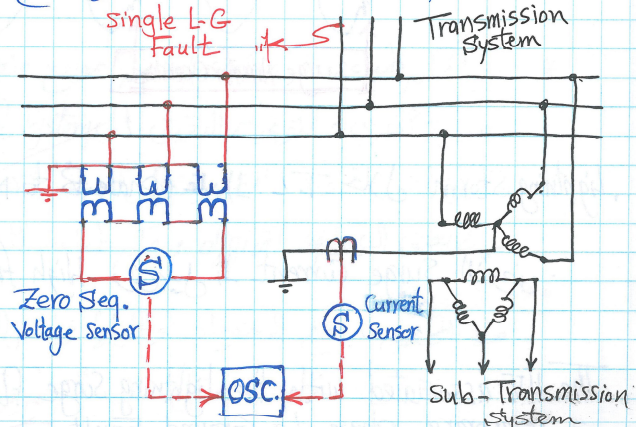
أهم Accessory هي : Starting Sensor

- الـ sensor بشكل رئيسي هو relay ي monitor الـ power system باستمرار.
- وي detect الـ disturbances مثل : Faults و power swings.
- الـ sensor يرسل إشارة إلى الـ oscillograph لبدء الـ Recording.
- (Fault Sensors) هي النوع الأكثر شيوعاً، وتشجيب \rightarrow over-current أو over-voltage.

For example:

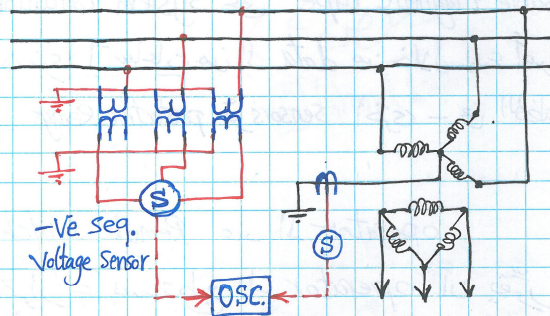
- الـ o.c sensor على دائرة neutral المحول حدد.
- وجود single L-G Fault على الـ system.
- غالباً : يتم عمل Back-up لهذا الـ sensor من خلال : (Zero seq. Voltage sensor) متوصل على الـ broken delta winding.
- \rightarrow voltage transformer.

هنا يقيس جهد صفحتي الظروف الطبيعية ولكنه يزداد بشكل كبير عند حدوث (L-G Fault).



59 ولذا يمكننا وضع الـ Voltage sensor ← Very sensitive
 To provide good back-up for the Current sensor.
 * يمكننا أيضًا استخدام (-ve seq. Voltage Sensor):

- هذا الـ Sensor يشعر بـ ph-ph Fault على أي line متصل بال Bus بحيث نذكر من المحاضرات السابقة أنه:
 - لا يوجد -ve Seq. في الحالة الـ Normal.
 - يوجد -ve seq. Voltage عند حدوث Fault.
 ولذا: عندما يشعر -ve seq. Voltage Sensor بوجود
 : نتأكد أن هناك Fault قد حدث
 ومن ثم نستطيع بدء الـ Recording.



أشهر عوف

* يوجد نوع آخر من الـ Sensors وهو: Disturbance Sensor.
 Response to slower changes in voltage, current or even system frequency.

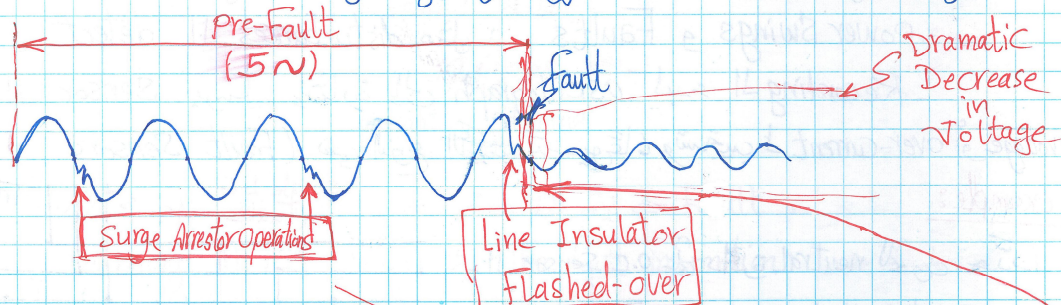
- هذه التغيرات البطيئة تستغرق العديد من الـ Cycles وعادة ما تسمى:
 System Swings
 Instability
 Oscillations

* Oscillographs لها حدود 6 فضلًا: (Lightning Surge) لأن يتم تسجيلها لأنها سريعة جدًا.



- الـ Current Surge الفوجية الناتجة عن Lightning Strike تصل إلى Peak وتضبط إلى Zero في خلال حوالي 100 μSec.

- بالرغم من أن آلة التسجيل التقليدية لا يمكنها تسجيل الـ Actual Surge إلا أنه يمكننا رؤية أثر الـ lightning.



هذا الرسم يوضح (phase B to Neutral Voltage) على الـ T.L خلال Lightning Storm.

هنا نرى أثر الـ High frequency of arrester operating وتوصيل الـ Surge Current للأرض.
 بعد ذلك وعند هذه النقطة:

The H.V associated with the lightning surge flashed over the line insulator creating a temporary phase to ground fault. → تستطيع أن ترى الانخفاض الشديد في الجهد بعد هذه النقطة

60 * هذا التسجيل المحدد يبدأ أوتوماتيكياً عند حدوث الـ fault ، وليتقط حول 5 cycles من الـ pre-fault data .

ولكن ، لاحظ : التسجيل لن يبدأ على الإطلاق لولم يترتب على الـ lightning حدوث الـ fault . وذلك لأن : Sensors can only detect longer-term disturbances

Normal arrestor discharge بدون fault ← سريعة جداً على أن يتم تحديدها بواسطة الـ sensor

ملفألك : لن تبدأ الـ Recorder .

نظراً إلى oscillographs مرتبطة بالـ faults على الـ system

عموماً : القصة كلها يمكن إظهارها ضمن بعض الـ cycles ← عادة : أقل من 1 ثانية .

* System Swings مثل تلك المتعلقة بالـ stability يمكن تسجيلها أيضاً ، ولكن مثل هذه الـ swings من الممكن أن تدوم لحثات الـ cycles ، ومن ثمة تعطينا الكثير من الفرق القصصا...

بعض الـ oscillographs لها القدرة على تغيير الـ paper speed أوتوماتيكياً عند تسجيل هذه الـ longer-term swings .

4 Digital Oscillograph:

Ahmed Awad

* في السنوات الأخيرة : معظم الـ Fault Analysis Systems التي تم تركيبها من الـ digital type ، والمعروفة عموماً باسم : digital fault recorders .

هذا النوع عادة يسمح لنا بعدد كبير من الـ monitoring inputs .

القياس يكون بسيطاً ماويتم قياس كل الـ inputs معاً و very high rate of sampling يتم تحقيقه (say : 6000 measurements/sec) .



Usually : The screen traces can be compressed or expanded in both time & Amplitude .

يمكن رسم الموجات فوق بعضها ومقارنتها ... للفحص الدقيق : Curves can be overlapped .

* من الممكن طباعة الـ information من مواقع متعددة إلى Master Computer للتحليل في موقع مركزي .

- ميزة أخرى : التوقيت الدقيق لـ digital systems .

- ميزة أخرى أيضاً : القدرة على ضبط الـ individual trigger set points من Remote central Control .

- في بعض الـ digital systems : يمكن طباعة الـ equipment status مثل SER .

مع التطوير : مع التحمل ، جمع المعلومات وتحليلها في نفس اللحظة من خلال الحاسوب ، وتفعيل الـ switching operations .

عليك متابعة مثل هذه التطورات في Your power system

60

* حتى هذه النقطة : ناقشنا :

- What types of Oscillograph machines installed?
- What sensors start the machines?
- What types of disturbances they can record?

والآن سنناقش : * أين يمكن وضع هذه الـ machines في الـ power system?

من الواضح أنه يمكن وضع الـ Recorders في كل Substation ← الشبكة ستكون عالية جدًا. عمومًا كقاعدة عامة :

معظم الشركات وجدت أنه يمكن مراقبة الـ System بشكل كافي من خلال تركيب آلات التسجيل في الأماكن التالية :

- Every station in the E.H.V range ($\geq 345 \text{ kV}$)
- Every other station in the H.V range (such as 115 kV & 230 kV)
- Every major generating station
- Every Station with interconnections to other systems.

* من الطبيعي عدم وضع الـ Oscillographs في الـ distribution substations ما عدا تلك التي يتم تركيبها لتحليل Special problems أو للبحث.

ولكن : من الضروري تحليل الأحداث على الـ distribution system كما في الـ (H.V power system).

ولكن : لن يكون عندها مساعدة الـ Sophisticated recording equipment.

في هذه الـ Area : نضطر إلى الاعتماد على تقارير التشغيل والتي تتضمن : Relay target data.

في المرة القادمة : سننظر عن قرب أكثر إلى التسجيلات نفسها (Oscillograms) ونوضح كيف يمكن استخدامها في Fault Investigation.

Use of Oscillograms in Fault Analysis

أحمد عوض

- ربما تكون الـ Oscillograms هي الأداة الوحيدة الأكثر أهمية لتحليل الـ Faults على الـ power system.

→ ما الذي نستطيع أن نقوله من هذه المجموعة من الـ ripples على قطعة من الورق أو على شاشة حاسوب؟

① Type of Fault :

بسرعة جدًا نستطيع أن نحدد هل هو phase to ground أو phase to phase ... وهكذا.

② Phases involved.

③ Whether Breakers & Relays operated correctly.

62

والآن: كم نحتاج من الـ system data لكل diagnostic صحيح
 ١ system faults والـ disturbances الأخرى؟

62

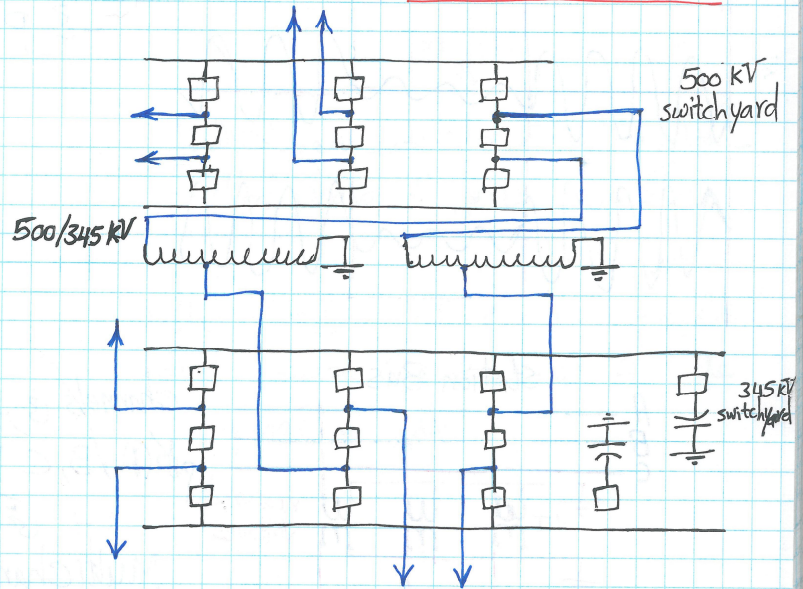
* في البداية: لابد أن ندرك أنه بإمكاننا عمل Monitor لكل الجهود والتيارات في أي مهمة معينة.

- الكثير من الـ Recorders القديمة محدودة بـ 32 channels من الـ information.
- New digital machines تسمح بـ 64 channels أو أكثر.

لـ بأيّ من الطرق: لابد من اختيار الـ data الدقيقة المطلوب مراقبتها بعناية للحصول على أكبر كمية من المعلومات بعد حدوث الـ fault.

على سبيل المثال: في محطة النقل التالية: بعض القيم المهمة للمراقبة هي:

- Bus Voltages.
(phase to Neutral)
- Line Currents.
(على الأقل: في one phase)
- Line Residual Current.
- Transformer Neutral Current.
- Received Carrier Signals.
(For each line)

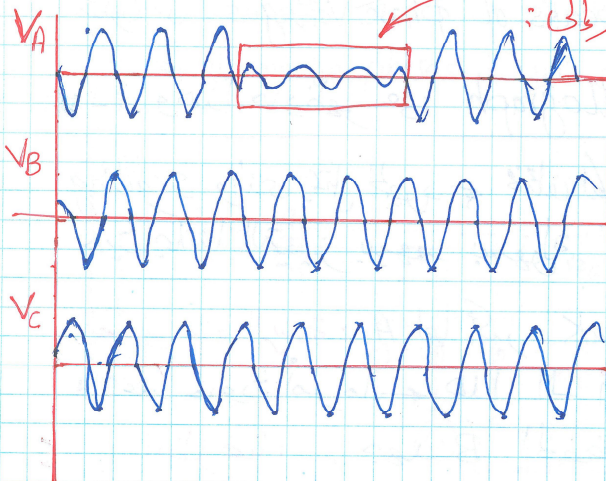


© Ahmed Awad
 [E] ahmdlawd

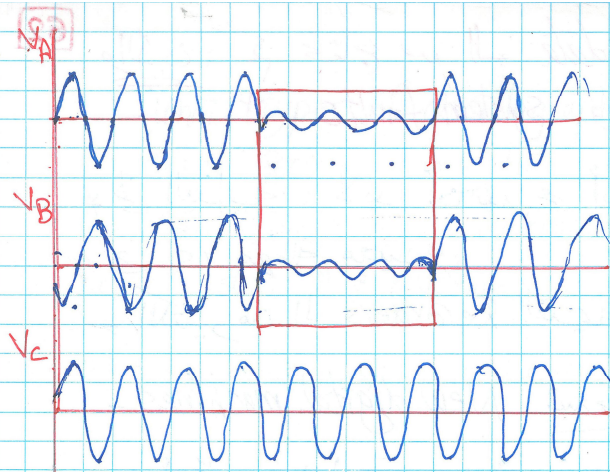
* لننظر إلى كلٍّ من هذه القيم ونرى سبب أهميتها في تحليل الـ faults:

* Bus Voltages مهمة: حيث يمكننا من خلالها التعرف على نوع الـ fault الذي حدث.

- انخفاض الجهد على phase واحدة يشير إلى: single line to ground fault.



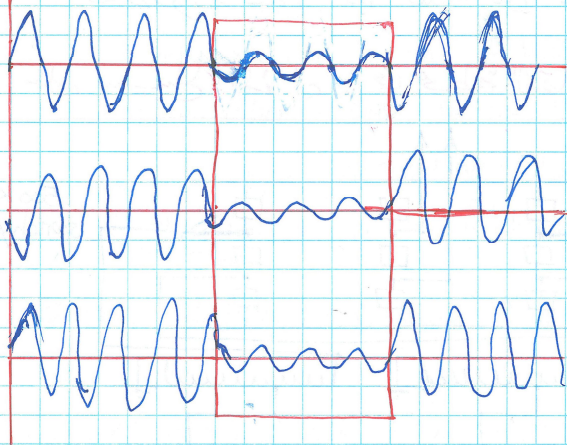
63



- انخفاض الجهد على Two phases يشير إلى:

- Line to Line fault.

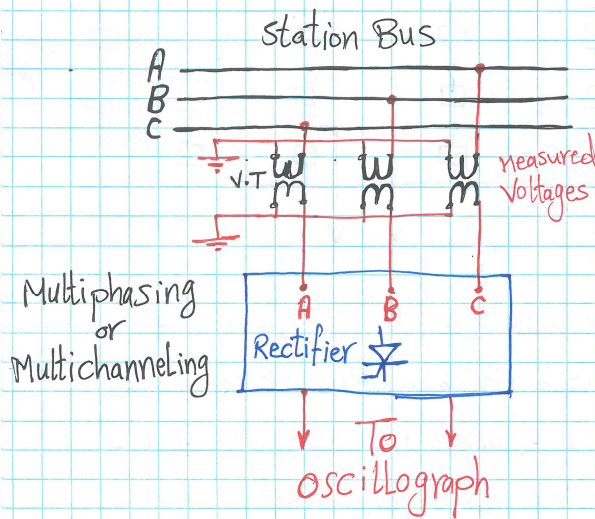
- double line to ground fault.



- انخفاض الجهد على Three phases يشير إلى:

- 3 phase fault.

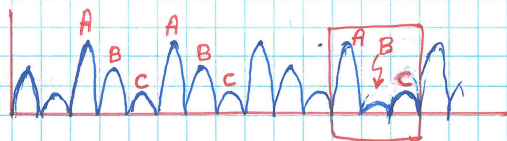
أفكر عوضاً



* فبعض الأحيان نستطيع أن نوفر في channels من خلال عرض جهود الأوجه الثلاثة (A, B, C) كم على channel واحدة ، وهذا يُسمى بـ :
Multichanneling أو Multiphasing

← وهذا يمكن فعله بتغذية Measured 3 phase Voltages إلى Rectifier ، وخرج هذا ال Rectifier سيكون من peaks of phase voltages فقط .

← وهذا ما يظهر على Oscilloscope :

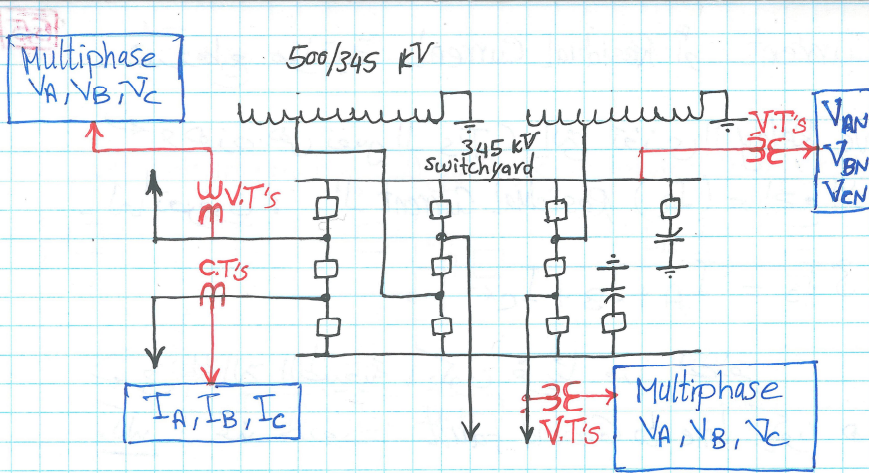


Scaling والذي يمثل الجهود ← مختلف لكل phase . حيث يمكننا التمييز بينهم بسهولة .

→ في هذه الصورة : A لها أكبر Peak ، يتبعها B ، ثم C .

عند حدوث أمر ما ← هذا ال Oscillogram يوضح حدوث Fault .
انظر هنا : جهد B انخفض ، وظل كل من A و C كما هما .

64



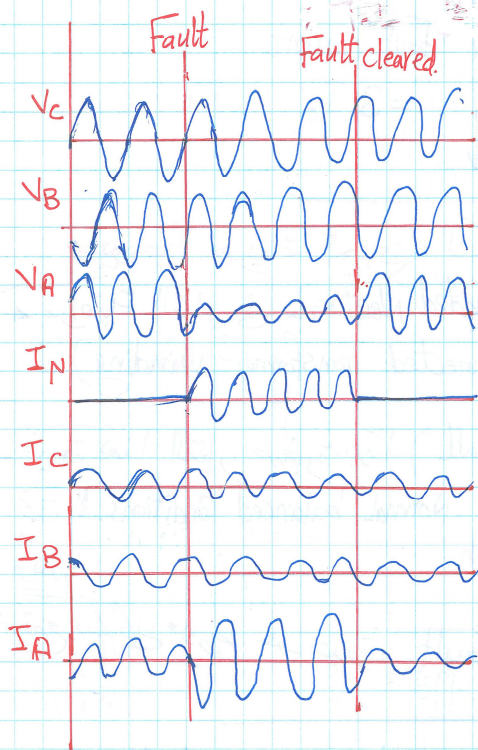
* Multiphasing يصبح مفيداً
عندما نريد مراقبة الجهود
على individual Lines
بالإضافة إلى Bus Voltages

A Common Arrangement:

استخدام channel منفصلة
لكل phase to Neutral Bus Voltage

ثم Multiphase selected line voltages

* من المهم أيضاً النظر إلى تيار ال phase
في كل T.O.L.



- يمكن مقارنة موجات الجهود بموجات التيار
لنتأكد من: ما هو ال Faulted phase

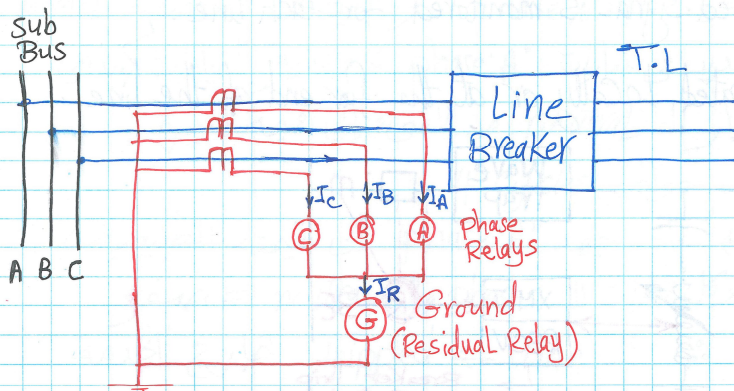
على سبيل المثال:

- الارتفاع الشديد في التيار والاختلاف في الجهود
على phase A ← يؤكد حصول Fault
على phase A

(المعروف)

* وغالباً لا يوجد channels كافية لمراقبة كل phase current لكل Line
لذلك غالباً يتم مراقبة phase واحدة لكل line مع تناوب ال phases من Line إلى أخرى

وضع ذلك:



لا بد من مراقبة Residual Current

لكل T.L. Measured

حيث C.T's ← Connected كما بالرسم

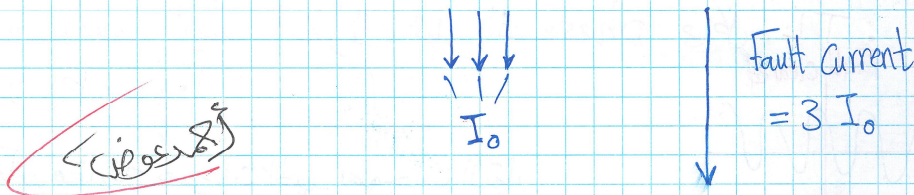
65 - تستطيع مراقبة Residual Current أو $3I_0$ Current في neutral return circuit

→ وهذه هي نفس الـ G.T's التي تغذي الـ protective Relay لوقاية الخط .
- كما تعرفون : الـ Residual Current (I_R) = الجمع الاتجاهي لتيارات الأوجه الثلاثة

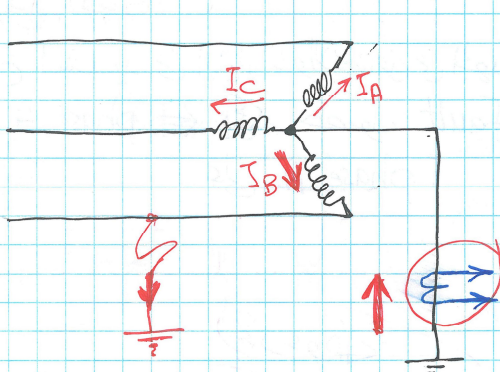
$$I_R = 3I_0 = I_A + I_B + I_C$$

→ في الحالة الطبيعية : يكون قريباً من الصفر
ولكن : عند حدوث Line to Ground Fault يكون هذا التيار كبيراً جداً .

- ستبقى الـ Residual Current والمعتبر عنه بـ ($3I_0$) .
→ تذكر أن قيمة هذا التيار = 3 times its Zero Seq. Component



* يوجد طريقة أخرى لاكتشاف Ground Fault :



→ مراقبة التيار في Grounded Neutral
↓ (Y-Connected Transformer winding)

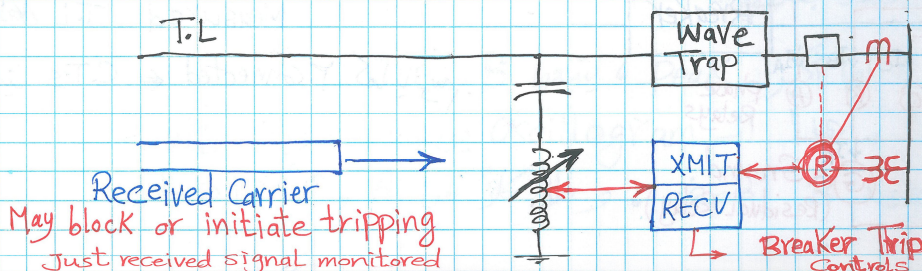
- قيمة هذا التيار صغيرة جداً (quite small)
تحت الـ Normal balanced Conditions .

ولكن ترتفع بشكل ملحوظ عند حدوث ground fault .

* من المهم مراقبة quantity أخرى وهي الـ Carrier signal :
والتي يمكن أن تكون (Block or initiate tripping) .

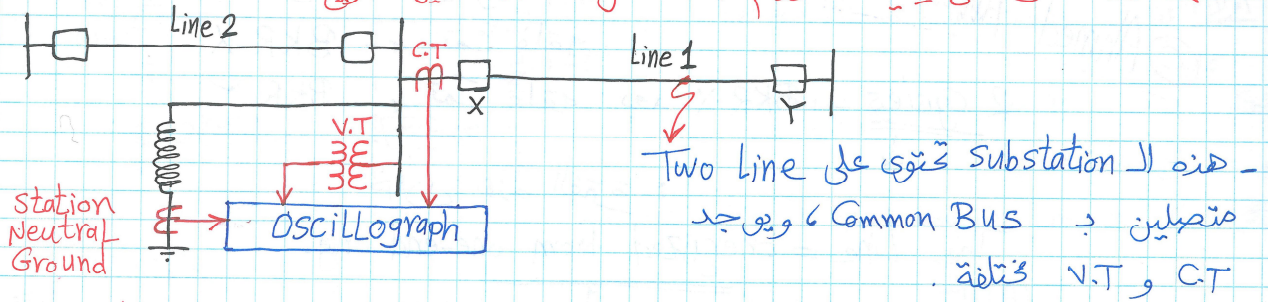
→ Typically : just the received signal is monitored for each line .

→ This signal may be generated locally or at the far end of the line .

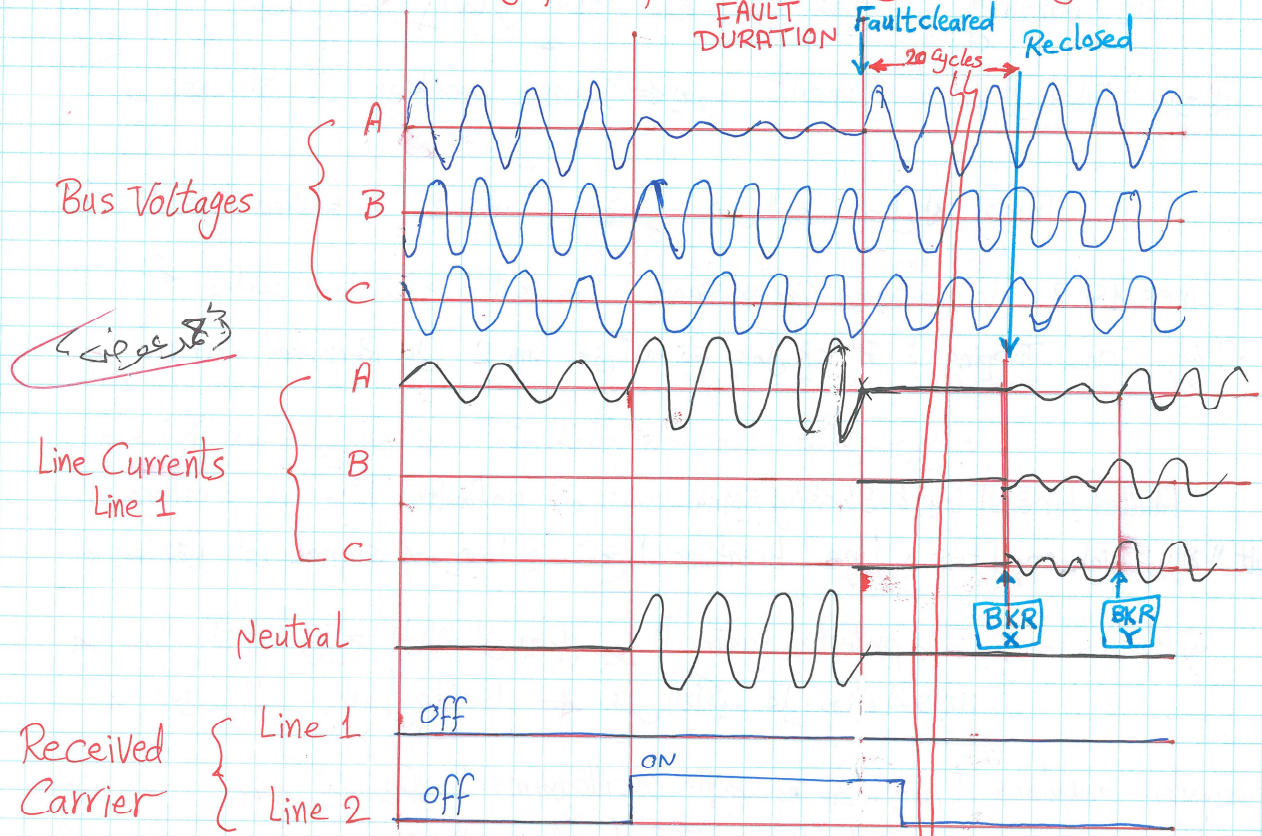


66 مع هذه المعلومات : نستطيع تحديد سبب ال Mis-operation لل Relay أو ال C.B أثناء ال Faults .

هنا مثال على كيفية استخدام ال oscillograms للتحليل السريع ل Fault Conditions :



لو حصل Fault على Line 1 ، وقام ال oscillograph بتسجيل هذه الرسومات :



ما الذي نستطيع استنتاجه مباشرة من هذه الرسومات ؟

Single Line to ground fault on phase "A" ← Fault

من : - انخفاض الجهد على phase "A" ، وبقية ال phases = Normal

+ ارتفاع شديد في تيارات phase "A" ، وبقية التيارات كما هي

+ ارتفاع تيار ال neutral من لاشيء إلى قيمة كبيرة .

نتم إزالة ال Fault في حوالي 4 cycles :

بعد حوالي 4 cycles ← عاد جهد phase "A" إلى قيمته الطبيعية ،

وكل تيارات ال phases وال neutral = صفر

ال Line ← Tripped خارج الخدمة .

67 [3] Line ← Reclosed بخارج بعد 20 cycles of dead time .

→ وهذا واضح من تيار الحمل .

* من رسومات التيار :

BKR X ← تم غلقه .

BKR Y ← تم غلقه بعد BKR X 2 cycles

↓
خلال هذه الفترة :

The Line = Energized from one-end only.



التيار الصغير المار خلال هذه الفترة ناتج عن Line Charging

بعد غلق ال Remote breaker ← يعود Load Current إلى الحالة الطبيعية

4 [4] Faulted line " Line 1 " فقط هو الذي حصل له Trip .

→ يمكننا استنتاج ذلك من Received Carrier Signal على Lines 1 & 2 .

→ Received Carrier على Line 2 تعني أنه تم عمل Block ل High Speed Tripping .

ومن ثم نستطيع أن نرى أن النظام قام بعمله بشكل صحيح :

ال Faulted Line two breakers استقبلت Blocking Signal ، بينما ال Faulted Line

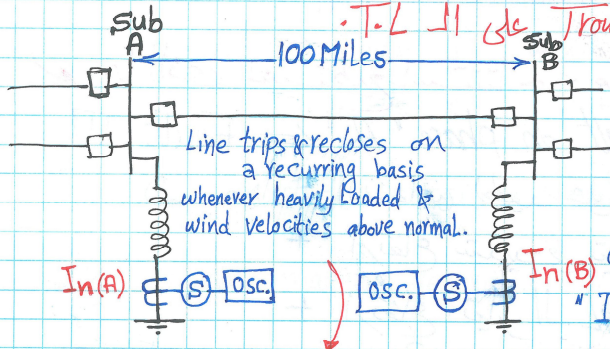
لم يستقبل أي signal ، وهذا يسمح ل Line 1 breakers ب high speed trip وإزالة ال fault .

→ هذا المثال وضح الحالة التي يعمل فيها ال protection system بالضبط كما خططنا له .

* دور ال Oscillogram → هو التأكيد على هذه الحقيقة .

هذا مثال يوضح كيف يمكن ل Oscillograms بالإضافة إلى بعض ال Computer simulations

أن تساعدنا في تحديد موقع ال Trouble Area على ال T.L .



* ال System one-line Diagram يوضح :

- Two substations (A & B) ، و 100 miles Line .

- كل من Substations A & B مزودة ب Oscillographs .

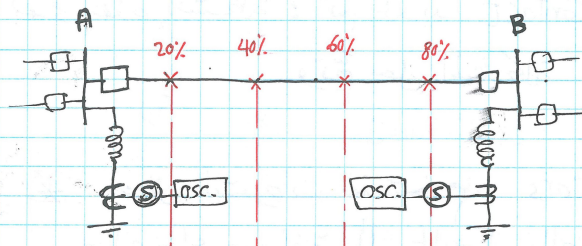
- والتي ترافق $I_{n(A)}$ & $I_{n(B)}$: Transformer neutral currents

هذا يقودنا إلى أنه يحدث "Sagging" لأن

تحت ال heavy load ويتصل بال Trees الموجودة

ونكتم : ليس عندنا فكرة عن المكان الذي حدث فيه ذلك .

68) نستطيع التحضير لـ Investigation من خلال إجراء سلسلة من الـ Simulations باستخدام Short Circuit Computer program :



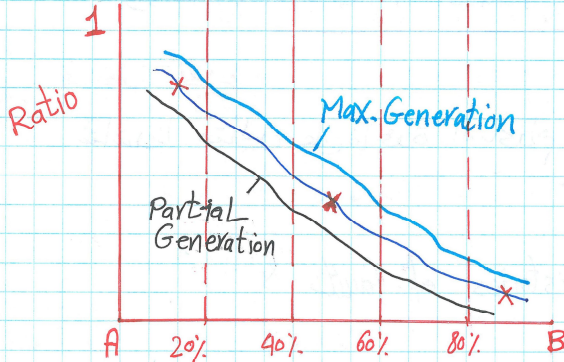
أولاً: نفترض حدوث Fault على نقاط مختلفة

على الخط :
(مثلاً : 20 ميل ، 40 ميل ، 60 ميل ، 80 ميل)
في عند كل نقطة منهم :

يقوم الـ Computer program بحساب الـ Ratio التالية :

$$\text{Ratio} = \frac{I_n(A)}{I_n(A) + I_n(B)}$$

هذه النسبة تمثل مساهمة المحطة "A" في تيار الـ Fault مقسومة على الـ Total Fault Current.



* عند رسم الـ (Fault Current Ratio) مع الـ (Fault Location in miles) نحصل على سلسلة من النقاط تشبه الشكل التالي (الخط باللون الأزرق).

- عند حدوث Fault بالقرب من المحطة "A" تكون $I_n(B)$ صغيرة مقارنة بـ $I_n(A)$ ، ولذلك تكون الـ Ratio قريبة من 1 .

- لو الـ Fault قريب من المحطة "B" يكون $I_n(A)$ صغيراً جداً ،

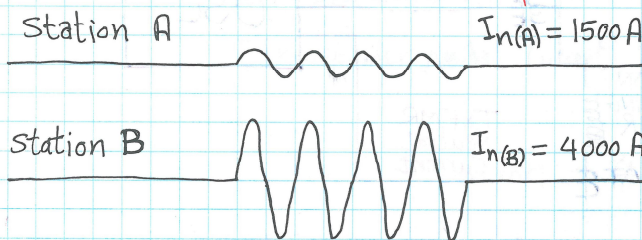
والـ Ratio تكون قريبة من الصفر .

- لو الـ Fault قريب من منتصف الخط $I_n(A) \approx I_n(B)$ تقريباً نرى بعض ، والـ Ratio قريبة من $\frac{1}{2}$.

(باللون البنفسجي) Max-Generation

(باللون الأسود) Partial-Generation

والآن : عننا Simulation Curve ؛ كيف نستخدم الـ Oscillograms ؟



- بعد حدوث Fault على الخط

يتم فحص الـ Oscillograms ،

ويتم قراءة قيمة تيار الـ neutral في كل محطة من الرسم .

في هذا المثال : $I_n(A) = 1500 A$ بينما $I_n(B) = 4000 A$

$$\therefore \text{Ratio} = \frac{I_n(A)}{I_n(A) + I_n(B)} = \frac{1500 A}{5500 A} = 0.27$$

نعود إلى Computer Simulation ، ونختار أقرب Curve لـ System Conditions في وقت حدوث الـ Fault

مثلاً : نجد أن الـ (ratio) = 0.27 تناظر طول الخط (75 miles) .

69: نستطيع أن نحدد المشكلة في الخط تقريباً عند 75 ميل من المحطة "A".

لنرى هذه المشكلة: تم تحديد Tree Contact في حدود (1 mile) من المسافة المحسوبة وتم حل المشكلة بـ Tree Trimming.

* بعض الشركات تستخدم Fault Locators والمبرمجة لأداء الحسابات وإعطاء مسافة الـ Fault بالضبط.

في هذا الجزء:

شاهدنا مثالين على فائدة استخدام الـ Oscillographs في Fault Investigation.

In the next two segments:

we will consider some Actual Case Histories of faults & How they were investigated.

كتبه:
(أحمد عوف)

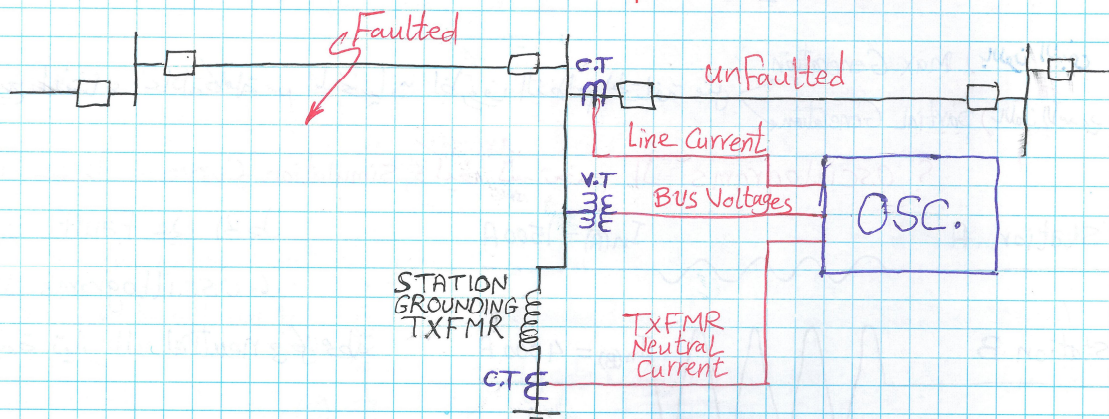
Case Histories (I)

في الجزء السابق: قمنا بتقديم الـ Basic tools & techniques المستخدمة في Fault Analysis.

والآن: لنقم بربط كل المعلومات معاً بالنظر إلى Case histories حقيقية.

- We're about to examine a case where a line tripped out of service & reclose successfully.

Now: let's consider Case 1 in unsuccessful Line Recloser:

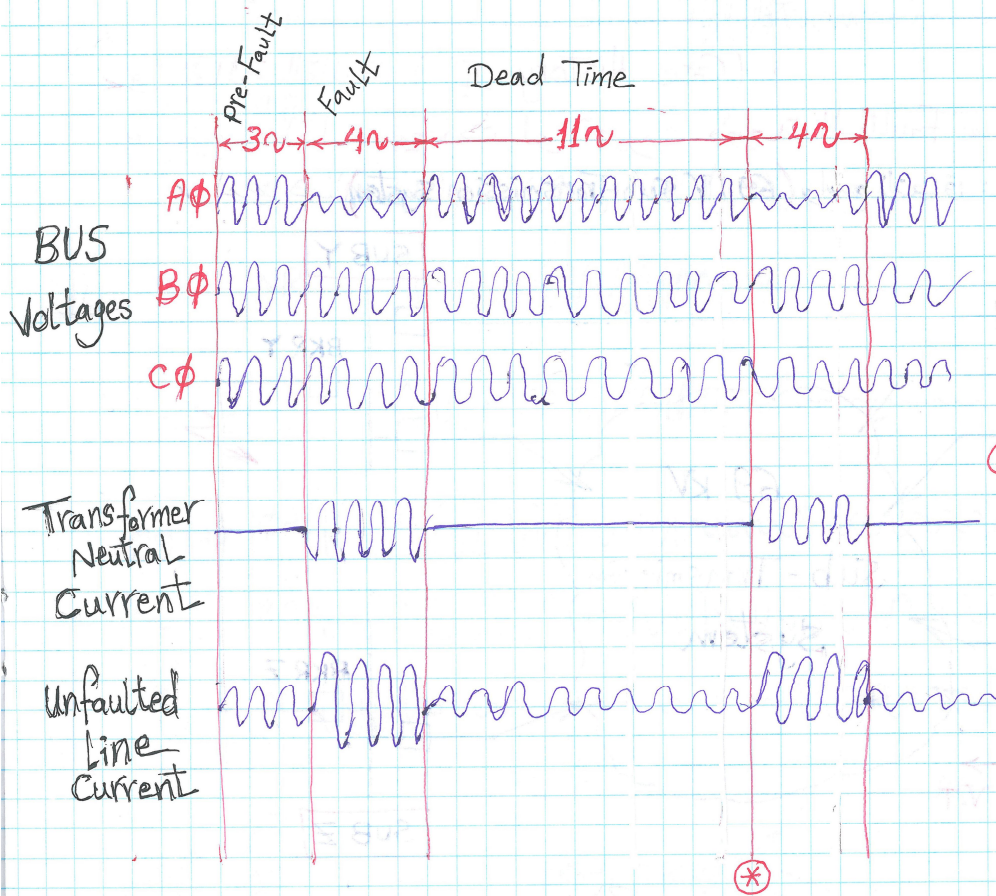


In practise, This happens quite frequently when the line doesn't stay de-energized along enough for a temporary fault to clear its own.

* في هذا المثال: نقيم الـ OSC. بتسجيل:

- 1- Substation Bus Voltages (in all 3 ϕ).
- 2- Transformer neutral Current.
- 3- line Current for one of the T.L.

117) (osc. system) المستخدم هنا يستطيع تسجيل (3 cycles) من (pre-fault Data) - 70



© Ahmed Awad
ahmed.1awad@gmail.com

* من (Line Current Trace) نستطيع أن نرى أن الـ line التي قمت بعمل Monitoring at على Osc. = ليس هو الـ Faulted Line.

وهذا واضح حيث أن التيار عاد إلى حالته الطبيعية (Normal Load Level) بعد إزالة الـ Fault.

* من (Bus Voltages):

- الـ Fault هو Single line to Ground Fault على phase A.

→ وهذا تم تأكيده أيضًا من خلال (Transformer Neutral Current).

- نستطيع أيضًا أن نقول:

- Fault Duration = 4 Cycles

- Line Dead Time = 11 Cycles

* عن النقطة (*) تمّ عمل Reclosing على Faulted Line Breaker

ولكن الـ Fault ما زال موجودًا، ولذلك الـ Breaker ← Tripped out مرة أخرى مباشرة، وحصل له lock-out.

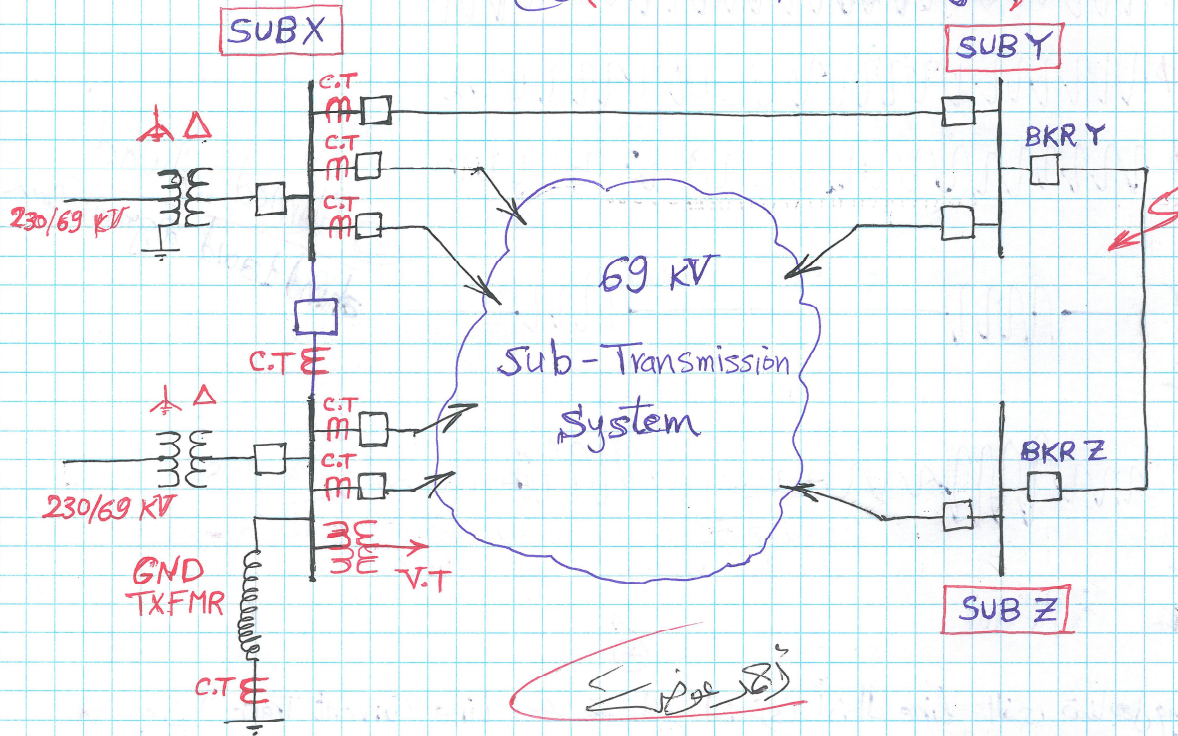
71

* لو تكررت هذه المشكلة خلال فترة من الزمن :

Temporary Fault (11 Cycles of dead time) ليست كافية لتسمح
بأنه De-ionized ويختفي.

في الحالة التالية (Case History II) :

سنرى ماذا سيحدث لو تغيرت طبيعة ال-Fault نفسه أثناء ال-disturbance.
* لدينا هنا (69 KV Sub-Transmission System) واسع النطاق :



حدوث Fault على خط الربط بين SUB Y و SUB Z :

- 69 KV System ← Δ-Connected ، ومؤرض من خلال (Zig Zag Transformer).

موجود عند SUB X

- لاحظ أن : كل ال Oscillograph Equipments متركبة عند SUB X (باللون الأحمر).

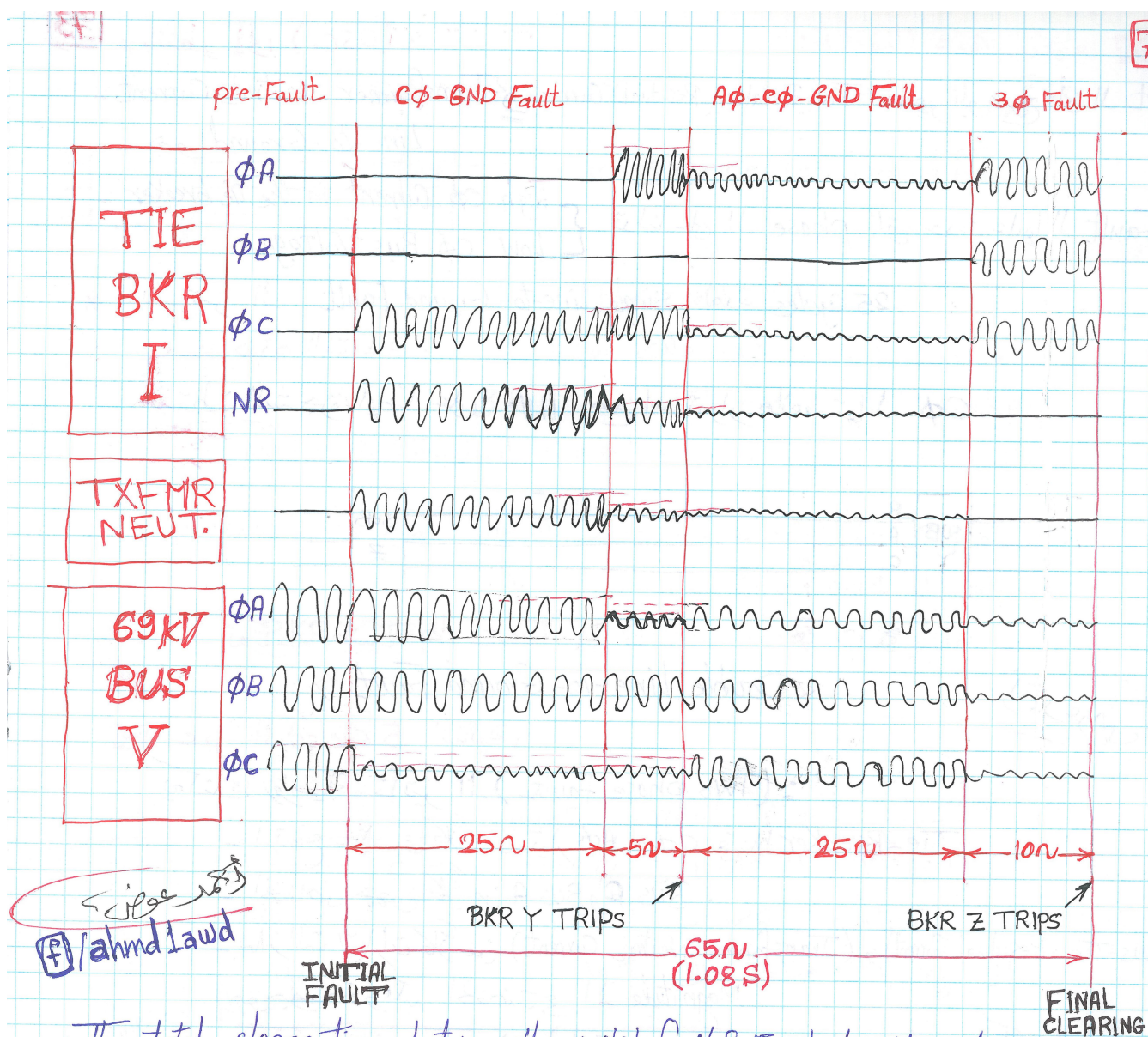
بعيداً عن Fault Location

وعلى الرغم من هذه المسافة ، فإننا يمكننا الحصول على تفاصيل عظيمة من ال Recordings.

- ال Osc. نقوم بتسجيل :

- ① 69KV Bus Voltages in all 3 phases.
- ② Neutral Current in Grounding Transformer.
- ③ Current in Bus-Tie Breaker (3φ + Residual Current).

72

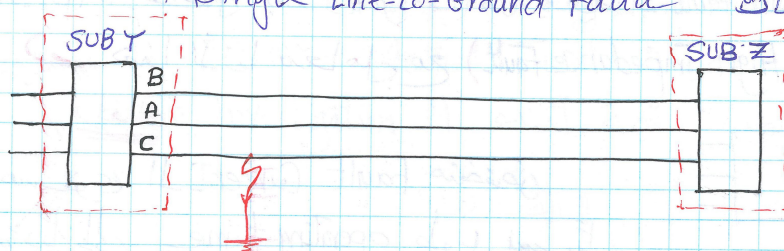


* The total elapse time between the initial fault & Final breaker clearing was 65 Cycles (Just over 1 second).

والآن: لنقم بتجزئة الـ Traces لنوضح أين تقع الـ waveforms بشكل منفصل فقط:

✳ بعد (3 cycles) من الـ pre-Fault Recording

نرى موجات Single Line-to-Ground Fault



« Single Line-to-Ground Fault »

* هذا الـ Fault حدث فعليا بسبب سقوط شجرة على أحد الـ phase conductors
 ↳ The Tree provides a path to ground.

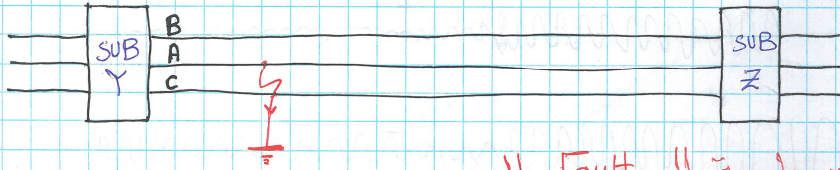
73 * بالنظر إلى (Osc.):

- Tie Breaker Residual Current & Transformer Neutral Current -
هو Line-to-Ground.

- High ϕ Current in the tie breaker -
قد نلاحظ على ال phase التي حدثت عليها ال Fault.
Low ϕ Bus Voltage

* استمر ال Single Line-to-Ground Fault لمدة 25 cycles.
وعند هذه النقطة:

سقطت الشجرة أيضاً على ϕ مع استمرار هلاستها ϕ .



الآن: تغيرت طبيعة ال Fault إلى:

« Double Line-to-Ground Fault »

* عبر ال 5 cycles التالية:

يمكنك رؤية تأثير ال (Two phase Fault):

- ارتفاع حاد في كل من تيار ϕ A و ϕ C في ال Tie-Breaker.

- انخفاض جوهري في كل من Bus A و Bus B.

- مازالت تيارات كل من (Transformer Neutral Current) و (Bus-Tie Residual Current)

موجودة ولكنكم انخفضت في ال Magnitude.

وهذا بسبب أن (Double Line-to-Ground Fault) هو أكثر اتزاناً من
(Single Line-to-Ground Fault).

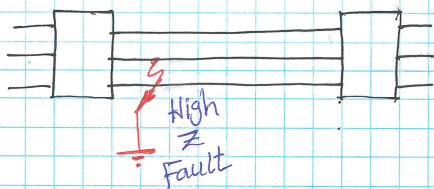
* عند هذه النقطة (نهاية ال 5 cycles):

* BKR Y قام أخيراً بعمل Trip لإزالة one end of the faulted line:

- ال Trip حصل بعد 80 cycles من بداية ال Initial Line to Ground Fault.

هذا لأننا نتعامل مع (High Impedance Fault).

ولذلك:



مستوى ال Fault Current منخفض

مؤدياً إلى operating time طويل نسبياً.

* في ال 25 cycles التالية:

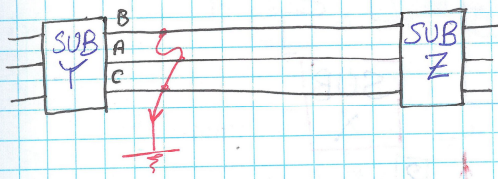
- مازال لدينا Double Line-to-Ground Fault ولكن ال Current Magnitude انخفض بصورة كبيرة.

لأن one-end من ال Line open ← BKR Y Tripped
لاحظ أن تيار ال Fault قادم من فاهيتين ← BKR Z مازال موجوداً.
- تستطيع أن ترى أن جهود Bus A و Bus B عادتا إلى قريباً من ال Normal.

74

وعند هذه النقطة:

تغير ال Fault مرة أخرى ... تلامس الشجرة 3φ أيضًا، ويصبح لدينا:



« 3 phase-to-Ground Fault »

في ال (10 cycles) التالية:

لدينا: Balanced 3φ Fault

تستطيع أن ترى ذلك من:

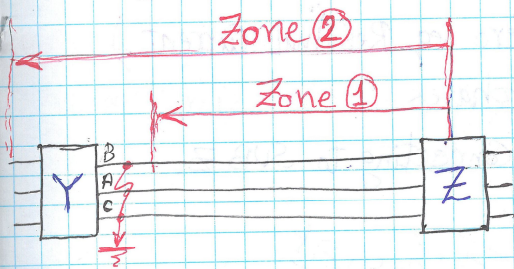
- 3 Fault Currents in the Tie Breaker.

وحقيقة أنه الآن: Neutral & Residual Current = Zero

- BKR Z عند النهاية الأخرى من ال line يقوم الآن بعمل Trip لإزالة ال Fault تمامًا.

لـ هذا يترتب بعد (35 cycles) من BKR Y Trip

مرة أخرى:



هذا بسبب:

① انخفاض قيمة ال Fault Current

② وأيضًا لأن ال Fault في Zone 2

لـ BKR Z protection، ولذا

ال Tripping متأخر إلى حد ما.

© Ahmed Awad
ahmd1awd@gmail.com

هذا المثال قام بشرح شيئين:

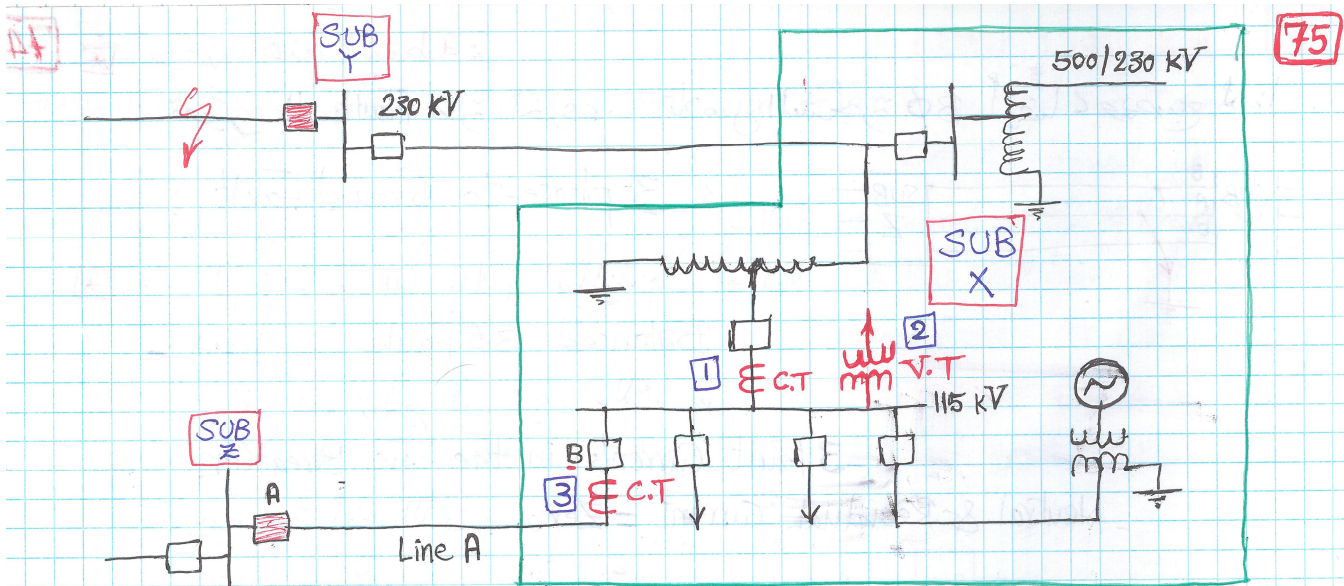
① يمكن أن تتغير طبيعة ال Fault أثناء ال Disturbance.
وفي حالتي هذه: ال protection عمل بشكل صحيح لإزالة ال Fault.

② ال Recording Equipment الموجودة على Buses مصنوعة بعيدة عن ال Actual Fault = مازال يمكنها تزويدنا بمعلومات قيمة أثناء ال Fault Investigation.

والآن لننتقل إلى الحالة الثالثة:

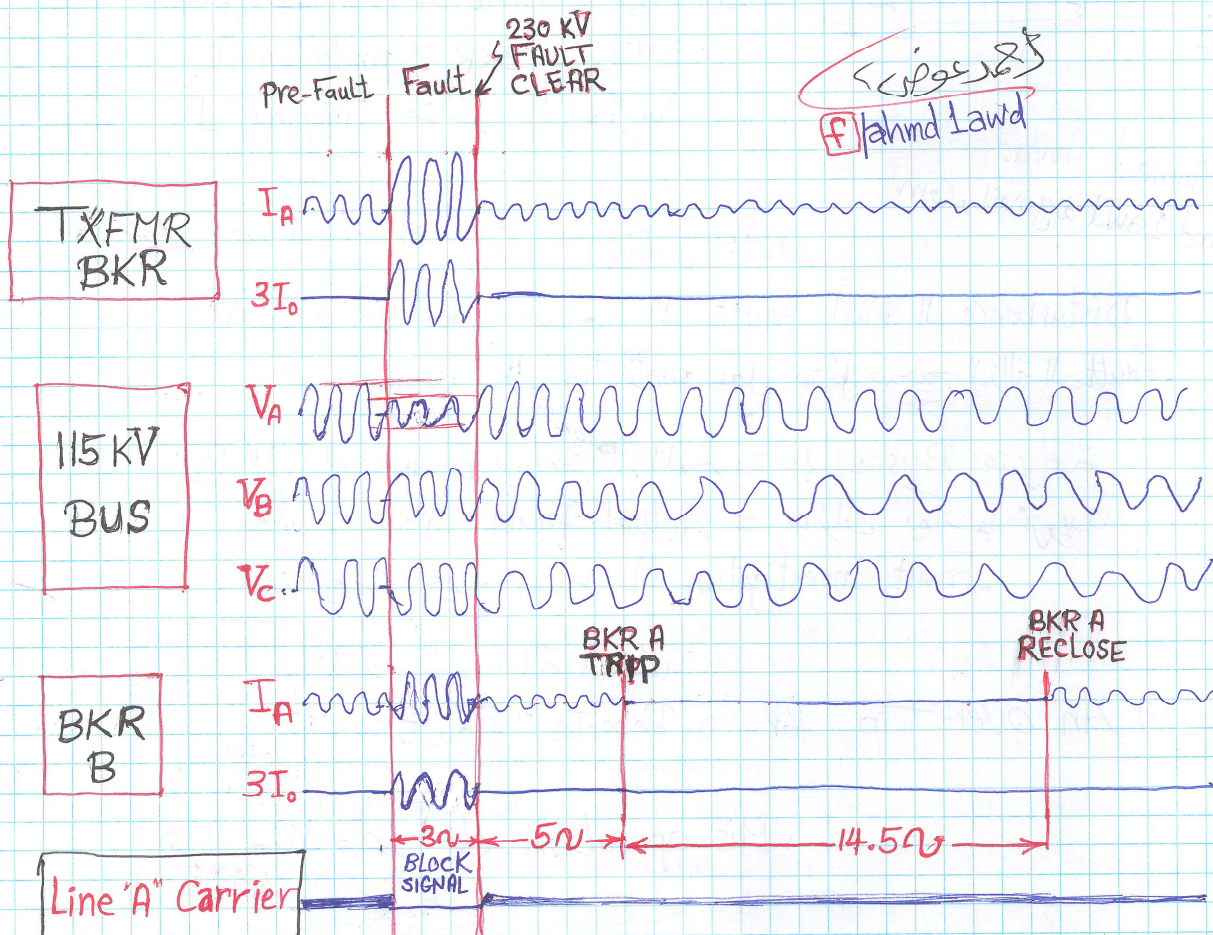
An Over-Trip for a Remote Fault:

هذا مثال ووقع على Mis-operation:



* BKR A عن SUB Z (115 kV) يقوم بعمل Trip ↓ Remote Fault في 230 kV system.
 ولكن: مشكلة الـ OSC الموجودة عن SUB X = يمكننا اكتشاف الشبكة وتصحيحها.
 عن SUB X: يقوم الـ OSC بمراقبة:

- 1 Transformer Breaker (Aφ Current & Zero Seq. Residual Current.)
- 2 115 kV Bus Voltages on all 3 phases.
- 3 (Aφ & Residual Current) for BKR B Connecting to SUB Z.



76 * يمكن رؤية وضع ال Single Line-to-Ground Fault على ال 230 kV Line

* ال Fault كان على A ϕ كما هو موضح :-

الزيادة الحادة في تيار A ϕ عبر قاطع الحول والقاطع B
وأيضاً - انخفاض جهد Bus A .

* وجود ال Zero Seq. في تيارات القواطع يوضح أيضاً : A Ground Fault .

* ال Tripping على 230 kV system كان صحيحاً ، وقت إزالة ال Fault بعد 3 Cycles .

ولكن : انظر إلى A ϕ Current (Ia) على BKR B :

يمر Normal Load Current بعد إزالة ال Fault على 230 kV

ولكن بعد 5 Cycles ← قام القاطع A بعمل Trip عند ال Remote End للخط .
ومن ثم انقطعت الآن التغذية القادمة من المحطة Z .

بعد حوالي 14 Cycles ← قام القاطع A بعمل Reclosing وظل Closed .

Further Investigation يوضح أنه :

عندما كان ال Fault = ON ← استلم القاطع A إشارة ال Carrier الصيغة
"Block signal" .

ولكن : تمت إزالة هذه ال signal بسرعة جداً

عندئذ لذلك : القاطع A كان لديه الضوء الأخضر لعمل Trip .

تم حل هذه المشكلة من خلال .

لمعادة ضبط ال Carrier Block Signal Timing .

(مرة أخرى :

هذه حالة مشكلة over-Trip .. من الممكن أن تنتهي دون أن نلاحظها
إذا لم نقوم بفحص ال oscillograms .

أحمد عوض

©Ahmed Awad

Case Histories (II)

- سنقوم - وإن شاء الله - في هذا الجزء الأخير بفحص oscillograms إضافية
من حالات تاريخية حقيقية .

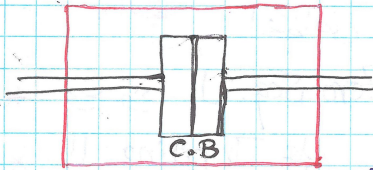
- هذه الحالات توضح كيف يمكن استخدام هذه ال Recordings لتساعد في
أداء المهمات الرئيسية مثل : القواطع ، المحولات ، والمولدات .

77

* لنبدأ الآن في Case 4 :

A Breaker Restrike

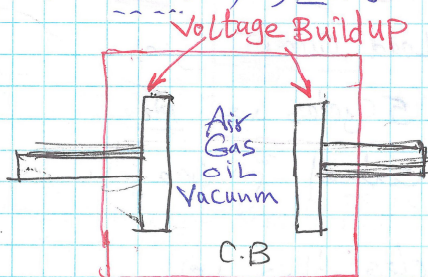
على سبيل المراجعة :



- أنتم تعرفون أنه عند فتح الـ C.B. ليتم بعمل interruption للتيار فإنه ينشأ Arc بين الـ Contacts.

- بشكل طبيعي : يتم إخماد هذا الـ Arc سريعاً بواسطة

الـ Di-electric الموجود في غرفة إطفاء الشرارة ، والذي من الممكن أن يكون (Air, Gas, oil, Vacuum).



* بعد إطفاء الـ Arc ← ينشأ جهد بين الـ open Contacts :

- إذا تم عمل Build up بسرعة جداً لهذا الجهد

أو لو كان هناك Sudden surge of Voltage ممكن

تجاوز قيمة الـ Di-electric strength

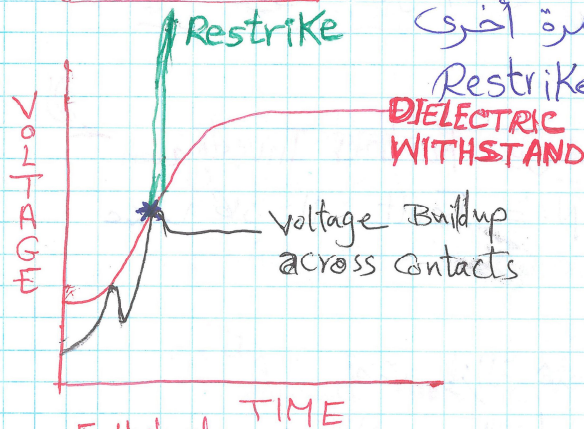
يتم إعادة تكوين الـ Arc ، ويحدث التيار مرة أخرى

وهذا الانهيار في الـ Di-electric يسمى Restrike

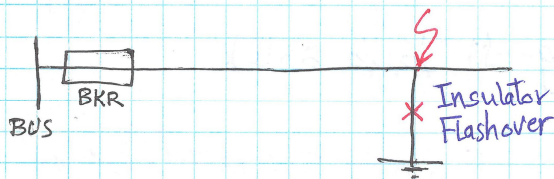
ومن الممكن أن يؤدي إلى :

① Damage to breaker Contacts

② Deterioration of dielectric.



Fault cleared
Restrike
Fault Current



ولكن : كيف يمكن أن يحدث هذا ؟

- عندما تقوم Lightning بضرب phase Conductor فتؤدي إلى Flash over الـ Insulator مسببة

Fault (Single line to ground Fault).

- يقوم الـ BKR عند المحطة بإزالة الـ Fault بفتح

ولكن بعد وقت قصير جداً (ربما : Few cycles)

يوجد strike ثاني للخط .

- في خلال Few cycles فقط = لم يكن لدى الـ deionized gas من الـ original fault

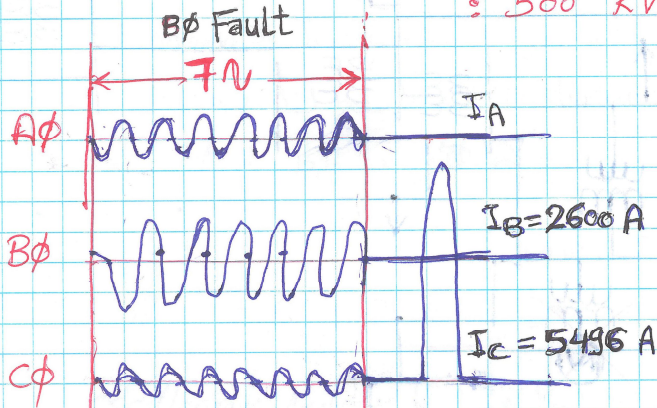
الوقت الكافي لأنه يختفي ، ولذلك :

الـ Voltage Surge الناتج بسبب Restrike الـ Breaker open Contacts

ومن ثم يقوم الـ original Fault بإعادة إنشاء نفسه مرة أخرى .

عادةً : يصل Fault Current إلى Zero بعد نصف cycle .

78 * هنا مجموعة من سمات ال OSC. توضح Restrike حقيقى على 500 kV Air Blast C.B



ال Initial Fault كان موجوداً على Bφ to GND ، وتمت إزالته بإجاع بعد 7 Cycles .
بعد حوالى (1 Cycle) :
Lightning ضربت Cφ مسببة Restrike للقواطع .

هنا : لم يحدث إعادة إنشاء لـ Bφ Fault ولكن حدث Fault مختلف على Cφ .
ولذلك : تسببت ال Lightning فى كلاً من : Fault + Restrike .

لاحظاً : تم إظهار Cφ Fault Current بعد نصف Cycle .
ال Fault على Cφ أكبر من نصف قيمة ال Initial Bφ Fault .

مستطناً : الكثير حول Breaker Restrikes .
أدراكاً كيف تكون ال OSC Recordings مفيدة على حد ما فيما يتعلق بهذا النوع من أداء القواطع .

Case (5): Generator Instability:

وقد ذكرنا أنه بخلاف ال Fault الذى يتم إزالته فى Few Cycles من الممكن أن تدوم ال Instability لعدة مئات من ال Cycles (هنا يكون على حدود عدة ثوانى) .
ولكن : مثل ال Fault : يمكننا التقاط آثار ال Instability عبر ال oscillograph للتحليل المستقبلى .

كما نعرفون :

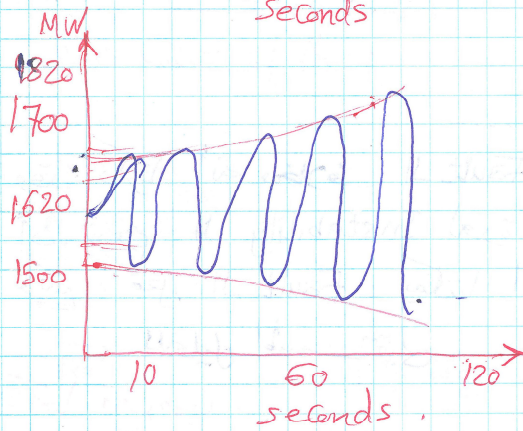
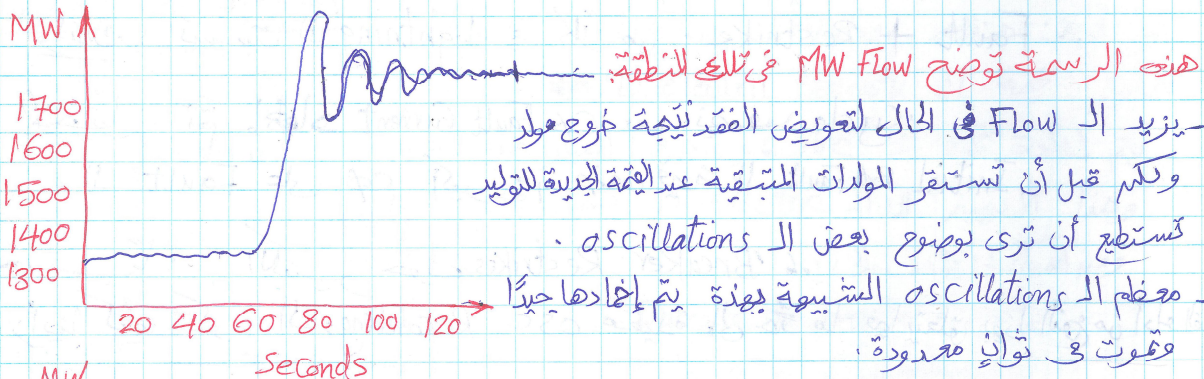
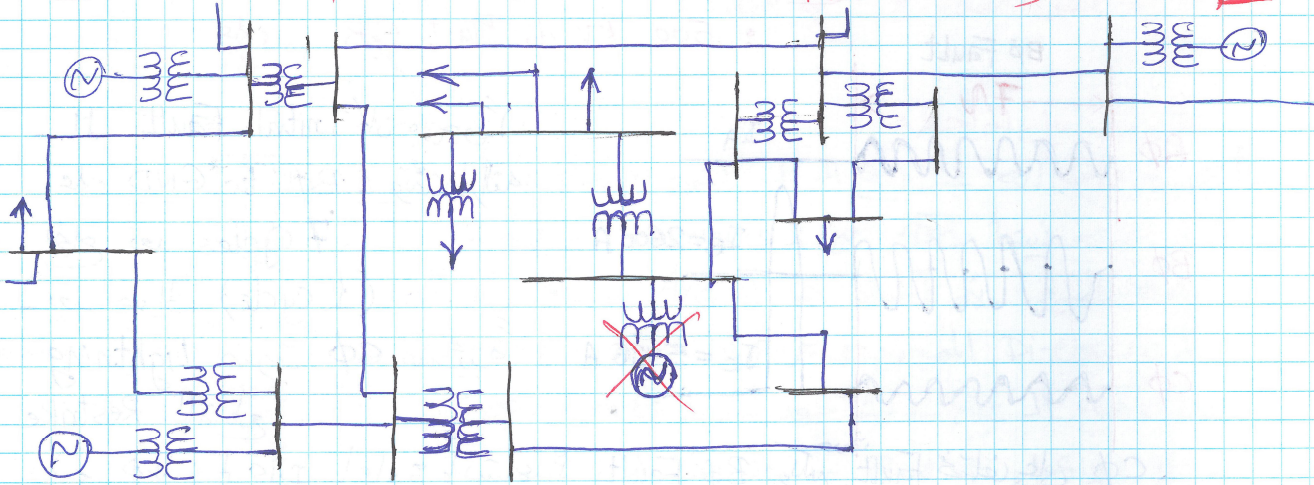
مع الحكم أنه تحدث ال Instability عند زيادة أو انخفاض سرعة ال Rotor فى ال Synchronous Machine نتيجة بعض ال Disturbance بالذى من الممكن أن يكون :

- ① A Fault.
- ② Loss of A Generator.
- ③ Loss of A Line.
- ④ A load change.

(أهم عرض)

هذا التسارع والتباطؤ لـ Rotor يُسبب Natural oscillations على ال system والتي عادة ما تختفى مع الوقت .

79 - انظر على سبيل المثال: فقدان مولد على النظام التالي:

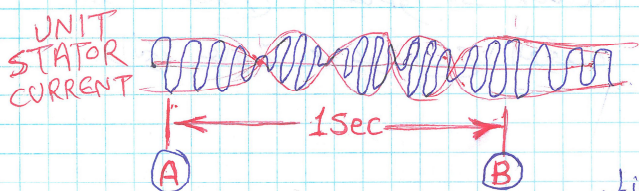
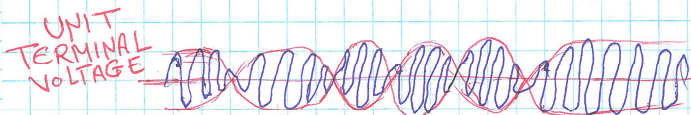


AHMED AWAD
(in) ahmed Iawad

* عندما تحدث ال Instability لن نرى ال oscillations في قيمة ال (MW) فقط ولكن أيضاً في:

- ① MW Flow
- ② Voltage.
- ③ Current.
- ④ MVARs
- ⑤ System Frequency.

* التذبذبات في الجهود والتيار تظهر ك Envelope مركبة على Normal 50 or 60 Hz Voltage or Current



هذا المثال يظهر (Generator Terminal Voltage)

و (stator Current) تظهر تسجيلهم

على Conventional Fault Recorder في المحطة.

- في هذه الحالة: تزامنت الوحدة مؤقتاً،

ولدت التراكبي بعد فتح ال Tie Line الرئيسي.

- التسجيل يظهر حوالي 1 sec من ال Disturbance

وعند النقطة ⑤ يقوم ال Generator بعمل Trip لل Line.

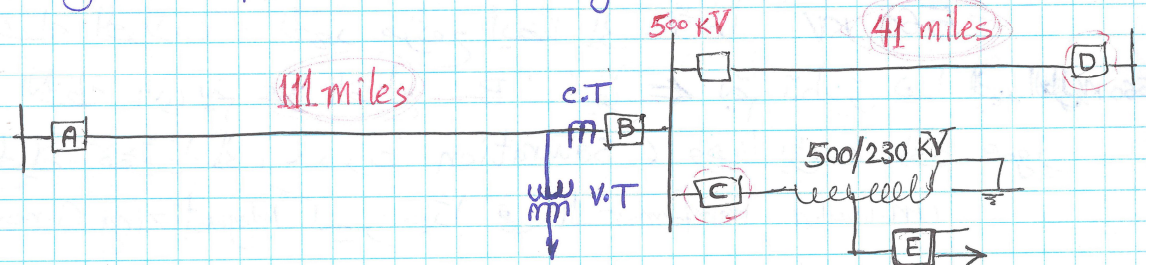
80

- يمكنك أن ترى أن مثل هذه التسجيلات للـ oscillograph قيمة جدًا للمهندسين والأخصائيين الذين لهم عناية بعمل الـ Investigation للـ Disturbance.
- هذا يزودنا بأدلة موثقة للـ Disturbance ، ويسمح لنا بتحديد ما إذا عملت الوقاية بشكل صحيح كما هو مخطط أم لا.

والآن: لنذهب إلى آخر Case study :

Case 6: Transformer Energization:

سنوضح هنا - لن شاء الله - كيف يساعد الـ oscillogram Analysis في تحسين الـ system dispatchers & switching procedure.



لننظر إلى طريقتين لعمل Energization للـ 500/230 kV

procedure (1)

procedure (2)

close "C" with "D" open

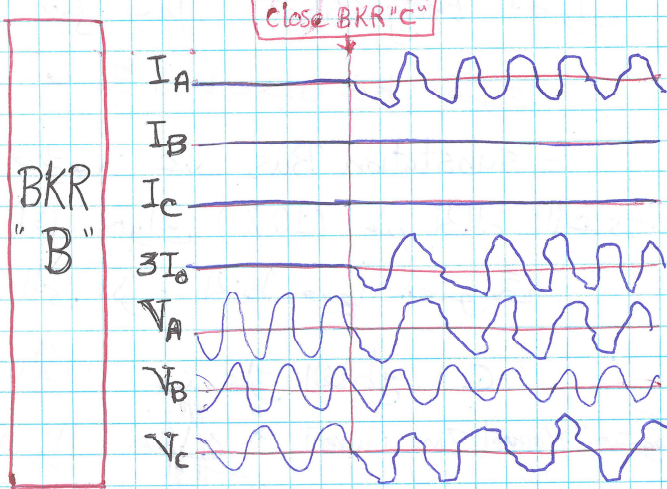
close "C" with "D" closed

← عند الفأحية البعيدة "آخر الخط" ميل

← "D" مغفول قبل عمل تنشيط Energization للـ 500/230 kV.

- الـ oscillograph يسجل الجهود والتيارات من C.T و V.T عند الخط المجاور للقاطع "B" في محطة المحولات.

* هنا رسومات [with BKR "D" = open ⇒ close BKR "C"] procedure (1)



- يبدو هذا قريبًا إلى حد ما:

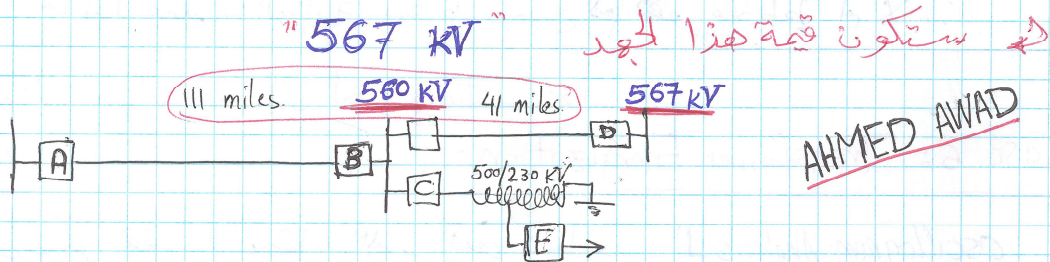
- الجهود "VA" يحصل له بعض الـ Distortion وكذلك "VC"

- وهذا التيار "IA" يجب أن يُمثل "Transformer Magnetizing Current"

لـ شغلنا أن نشرح

لماذا تأثرت phase واحدة فقط؟

81 أولاً : نعرف أن لدينا (150 miles) من خط (500 KV) مفتوح وهذا يعني أن الجهد عند نهاية الخط عند القاطع "D" سيكون مرتفعاً على حد ما نتيجة لـ Capacitive Line Charging « Ferranti-Effect »



AHMED AWAD

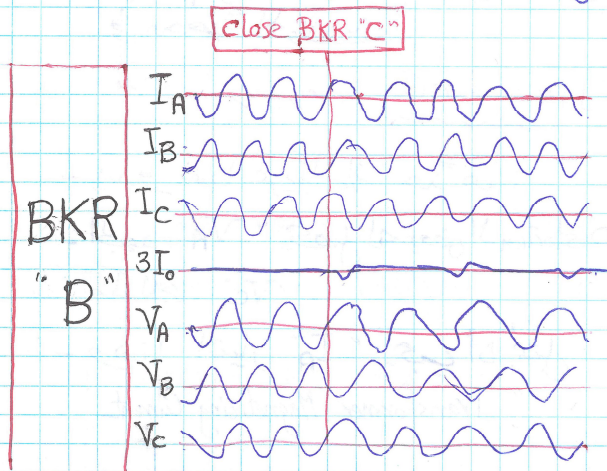
- في الحقيقة : يوجد ارتفاع في الجهد على طول الخط .
- عند محطة المحولات : الجهد مرتفع أيضاً إلى حد ما " 560 KV " .
 - وعند المحطة التي يتم غلق القاطع " B " فيها ← يتم تطبيق هذا الجهد العالي (560 KV) على المحول مؤدياً إلى حدوث Saturation ، وهذا يؤدي إلى مرور Magnetizing Current كبير جداً في الـ Un-loaded Transformer .

وكما تعرفون :

هذا الـ Magnetizing Current = مشوّع وغير متزن (Distorted & Unbalanced) وهذا يسبب " Distorted Voltages " على المحول ، والتي من الممكن أن تسبب stress على عوازل المحول كافية لحدوث Failure .

procedure ② « Close "C" with "D" closed »

يوضح الغلق الفعّال للقاطع "D" قبل تنشيط المحول .



- الآن يمر " Normal Load Current " قبل عمل " Energization " للمحول .

← ولأنه لا يوجد خط مفتوح :

فالجهد عند Substation Bus = أقل حوالي (10%) من الحالة الأخرى التي يكون الخط فيها مفتوحاً .

الآن : عند غلق القاطع " C "

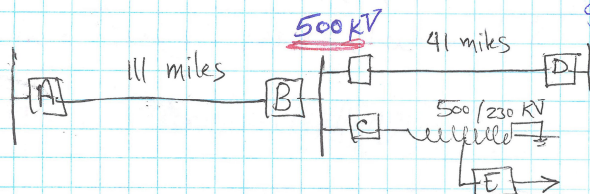
لا يزال هناك " Magnetizing Current " مشوّع

ولكن قيمته أقل كثيراً . تستطيع بالكاد

أن تراه على الـ oscillogram لأنه صغير جداً ،

ومركب على الـ " Normal Load Current "

ولكن تستطيع أن ترى أن جهد المحول الآن أقل تشوهاً ، وكذلك الاجهاد على العوازل أقل .



82

← الدرس هنا بسيط جدًا :

لا يجب تنشيط المحولات من long open ends lines وخصوصًا H.V lines

∴ The proper switching procedure is Procedure (2).

أغلق القاطع "D" قبل تنشيط المحول.

والآن :

انتبهت محاضرة (Fault Investigation & Analysis)

هدفنا ليس أن نجعلك خبيرًا في تفسير الـ oscillograms .
بل أخرى : أعطيناك نظرة عامة عن سبب أهمية الـ Fault Investigation
وكيف تكون الـ oscillograms أداة أخرى لفهم وحل المشاكل المختلفة
على الـ power systems .

أحمد عوض
ahmed1awad@gmail.com